

## Irrigação e Fertirrigação na Cultura da Macieira na Região de Vacaria/RS





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Uva e Vinho  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Documentos 89***

### **Irrigação e Fertirrigação na Cultura da Macieira na Região de Vacaria/RS**

*Gilmar Ribeiro Nachtigall  
Camila Cargnino  
Christiano Mignoni de Lima*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Uva e Vinho**

Rua Livramento, 515  
95700-000 Bento Gonçalves, RS, Brasil  
Caixa Postal 130  
Fone: (0xx)54 3455-8000  
Fax: (0xx)54 3451-2792  
<http://www.cnpuv.embrapa.br>  
[cnpuv.sac@embrapa.br](mailto:cnpuv.sac@embrapa.br)

**Comitê de Publicações**

Presidente: *César Luís Girardi*  
Secretária-Executiva: *Sandra de Souza Sebben*  
Membros: *Alexandre Hoffmann, César Luís Girardi, Flávio Bello Fialho,*  
*Henrique Pessoa dos Santos e Viviane Zanella Bello Fialho*

Editoração gráfica: *Alessandra Russi*  
Foto da capa: *Gilmar Ribeiro Nachtigall*  
Normalização bibliográfica: *Luisa Veras de Sandes Guimarães*

**1ª edição**

1ª impressão (2014): 1.500 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Uva e Vinho

---

Nachtigall, Gilmar Ribeiro

Irrigação e fertirrigação na cultura da macieira no Sul do Brasil / por  
Gilmar Ribeiro Nachtigall, Camila Cargnino e Christiano Mignoni de Lima --  
Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho, 2014.

32 p. : il. Color -- (Documentos / Embrapa Uva e Vinho, ISSN 1516-8107;  
89).

1. Maçã. 2. Irrigação. 3. Fertirrigação. 4. Produtividade. 5. Qualidade de  
fruto. 6. Sul do Brasil. I. Cargnino, Camila. II. Lima, Christiano Mignoni de. III.  
Título. IV. Série.

CDD 634.11 (21. ed.)

# **Autores**

## **Gilmar Ribeiro Nachtigall**

Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador  
Embrapa Uva e Vinho.

E-mail: gilmar.nachtigall@embrapa.br

## **Camila Cargnino**

Agrônoma, M.Sc.

Agropecuária Schio Ltda.

E-mail: camila@gruposchio.com.br

## **Christiano Mignoni de Lima**

Graduando em Agronomia

Universidade de Caxias do Sul – CAMVA

E-mail: cmlimamercio@hotmail.com



# **Apresentação**

O suprimento da quantidade de água compatível com a necessidade da planta é um dos mais importantes fatores de produção de qualquer cultura agrícola. Sobretudo em espécies perenes, em que um déficit hídrico severo pode comprometer não apenas a qualidade e a produtividade em uma safra, mas também afetá-los nos ciclos subsequentes, a preocupação com a disponibilidade de água para a planta deve estar presente como parte do sistema de produção.

Historicamente, a região sul do Brasil apresenta uma distribuição de chuvas capaz de suprir a maior parte da necessidade hídrica da macieira, razão pela qual predominam pomares sem irrigação no país. Contudo, estiagens ocasionais e a busca pela verticalização e intensificação dos cultivos, podem ser elementos indutores da necessidade do uso da irrigação, não apenas visando assegurar uma produtividade mais regular ao longo dos anos, mas também favorecer a qualidade da fruta, especialmente em anos com maior risco de deficiências severas de água no solo e, portanto, na planta.

É exatamente esta percepção que tem motivado pesquisadores da Embrapa e de parceiros a avançar nos estudos que envolvem desde diagnósticos do balanço hídrico na região produtora de Vacaria, RS até a avaliação da produtividade, qualidade e viabilidade do uso da irrigação em pomares de macieira. Trata-se de uma prática que envolve

alto investimento e uso de um recurso cada vez mais associado à sustentabilidade ambiental. Por esta razão, é fundamental constituir-se uma base técnica consistente para orientar produtores e técnicos, de modo que a irrigação na pomicultura proporcione os resultados esperados, tanto em rendimento quanto na sua viabilidade ao longo dos anos. A presente publicação, elaborada como resultado deste trabalho, objetiva ofertar ao público os recentes estudos sobre o tema e é um importante referencial para investimentos em irrigação e também para o aprofundamento dos estudos neste tema tão sensível à sustentabilidade e competitividade da pomicultura brasileira.

*Mauro Celso Zanus*

Chefe-Geral da Embrapa Uva e Vinho



# Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>Metodologia.....</b>	<b>12</b>
<b>Balanço Hídrico Climatológico.....</b>	<b>13</b>
<b>Monitoramento Hídrico do Solo.....</b>	<b>16</b>
<b>Produtividade e Qualidade de Frutos.....</b>	<b>18</b>
<b>Viabilidade Técnica da Irrigação.....</b>	<b>23</b>
<b>Considerações Finais.....</b>	<b>25</b>
<b>Referências.....</b>	<b>27</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>31</b>



# **Irrigação e Fertirrigação na Cultura da Macieira na Região de Vacaria/RS**

---

*Gilmar Ribeiro Nachtigall*

*Camila Cargnino*

*Christiano Mignoni de Lima*

## **Introdução**

A produção de maçãs está concentrada na Região Sul do Brasil, que é responsável por 98,5% da produção nacional e que em 2011 atingiu 1.100.000 toneladas. O principal estado produtor é Santa Catarina com 18.785 ha, seguido do Rio Grande do Sul com 17.124 ha e Paraná com 1.846 ha (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013). Em Santa Catarina, a produção de maçãs está concentrada em duas regiões: na Mesorregião Oeste Catarinense, cuja maioria absoluta dos pomares é grandes empresas pomicultoras, sediadas, principalmente, em Fraiburgo; e na Mesorregião Serrana, onde predominam pequenos pomicultores, concentrados, principalmente, nos municípios de São Joaquim, de Bom Jardim da Serra e de Urupema. No Rio Grande do Sul, a produção de maçãs esta concentrada na Mesorregião Nordeste Rio-Grandense, mais precisamente no município de Vacaria, onde se situam grandes empresas pomicultoras do Estado.

A macieira, por ser uma planta de grande porte, com abundante vegetação, apresenta evapotranspiração da cultura (ETc) elevada, em comparação com culturas anuais, o que exige quantidades de água disponível no solo elevadas para a obtenção de altas produtividades (HOFFMANN; BERNARDI, 2004; NACHTIGALL et al., 2009). O consumo de água pela macieira é influenciado principalmente pela temperatura, radiação solar global, déficit de pressão de vapor e umidade relativa do ar (PEREIRA et al., 2009). Além disso, diferenças no tamanho e na forma das copas causam diferenças significativas na transpiração e na eficiência do uso de água (LI et al., 2002).

O cultivo de macieiras nos principais países produtores, principalmente em sistemas de produção em alta densidade e de elevado uso tecnológico, utiliza a irrigação e/ou fertirrigação para manter altas a produtividade e a qualidade dos frutos comercializáveis. A eficácia da irrigação e da fertirrigação em macieiras nestes países é comprovada por diversos resultados de pesquisa.

No Canadá, Neilsen et al. (2010) avaliando o efeito da irrigação e de tipos de manejo do pomar na produção, qualidade e estado nutricional em maçãs cv. Ambrosia, verificaram que o déficit de irrigação reduziu o tamanho dos frutos em até 16%, porém não afetou o rendimento ou a qualidade dos frutos.

Na Espanha, Rufat et al. (2001) comparando o desenvolvimento, rendimento e a qualidade dos frutos em resposta à irrigação e aplicação de nitrogênio em maçãs cv. Golden Delicious, constataram que o desenvolvimento dos frutos, a produtividade, o tamanho do fruto e a qualidade dos frutos (firmeza, cor, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, teste de amido e distúrbios fisiológicos) foram influenciados pela irrigação e fertilização.

No sul do Uruguai, Campi e García (2011) avaliando os efeitos do manejo da irrigação e adubação nitrogenada sobre o rendimento e qualidade de maçã cv. 'Gala', concluíram que houve diferença significativa no rendimento, diâmetro do fruto e peso, em resposta à aplicação de irrigação.

Wojcik e Treder (2006) em experimentos realizados na Polônia, verificaram que a fertirrigação com boro por gotejamento aumentou o nível de boro e o teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos, mas não teve efeito sobre o peso médio do fruto, cor, acidez titulável e firmeza dos frutos.

Relatos da eficiência da irrigação e da fertirrigação em macieiras também foram verificados por Fallahi et al. (2008) nos EUA, Wan Zaliha e Singh (2010) na Austrália e Mpelasoka et al. (2001) na Nova Zelândia, entre outros.

No Brasil, em função das características climáticas predominante até a última década, a irrigação e/ou fertirrigação não eram técnicas incorporadas aos sistemas de produção de maçãs. Entretanto, as variações climáticas verificadas nos últimos anos têm se constituído em motivo de preocupações para os produtores de maçãs no Sul do Brasil, principalmente pelo fato de que a irregularidade e a má distribuição das chuvas podem causar problemas, tanto no que se refere à qualidade, quanto à produtividade de macieiras. Estes períodos de déficit hídrico ocorrem, principalmente, nas etapas do ciclo produtivo da maçã (final do crescimento dos ramos até a colheita) em que a demanda hídrica é maior (BEUKES; WEBER, 1982), fato que tem aumentado o interesse dos produtores pela instalação de sistemas de irrigação em suas áreas. Os primeiros trabalhos com irrigação e fertirrigação em macieira na região Sul do Brasil foram realizados por Nachtigall et al. (2012) e Branco et al. (2013).

Os solos da região Sul do Brasil nas áreas onde se cultiva macieira são predominantemente Latossolos, com textura argilosa, de ocorrência nas regiões de Vacaria/RS e Fraiburgo/SC. Estes solos, em função de suas características, apresentam alta capacidade de retração com a perda de umidade evidenciada pelo fendilhamento, verificado facilmente em condições em que o solo está exposto. Já na região de São Joaquim/SC predominam os Neossolos e Cambissolos, de textura franca e de pouca profundidade, que apresentam baixa capacidade de armazenamento de água.

Diante da importância que os elementos relacionados com a disponibilidade de água do solo e o fornecimento adequado de nutrientes têm sobre o

crescimento e o desenvolvimento da macieira nas condições do Sul do Brasil, foram realizadas pesquisas para avaliar a disponibilidade de água do solo e os efeitos da irrigação e fertirrigação na produtividade e qualidade de frutos de macieira em Vacaria/RS.

## **Metodologia**

Os trabalhos foram desenvolvidos no município de Vacaria/RS (safras 2011/2012 a 2013/2014), na Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho (28° 30' 49" S; 50° 52' 58" W), a 981 m de altitude), cujo solo predominante é o Latossolo Bruno aluminico câmbico.

Para a avaliação do efeito da irrigação e da fertirrigação na cultura da macieira, foram instalados pomares com sistema de irrigação localizada, por gotejamento, sendo utilizadas duas mangueiras, uma para aplicação da água de irrigação e uma para a aplicação dos fertilizantes via fertirrigação. Utilizaram-se as cultivares Maxigala e Fuji Suprema sobre o portaenxerto M9, plantadas em 2009 no espaçamento de 1,2 e 1,0 m entre plantas, respectivamente, e de 4,0 m entre as filas, conduzidas no sistema de líder central.

Os dados diários de temperatura e precipitação pluvial do período de 2011 a 2014 foram obtidos da base de dados meteorológicos da Estação Experimental de Fruticultura Temperada da Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria/RS. A partir das medidas de temperatura e precipitação, foram calculados os valores de balanço hídrico climatológico, empregando-se o método de Thornthwaite e Mather (1955). Como capacidade de água disponível (CAD), utilizou-se o valor de 100 mm e a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). A inicialização do balanço hídrico seguiu o critério de Mendonça (1958).

Para o monitoramento hídrico do solo, foram empregados tensiômetros de punção instalados na linha de plantas e em duas profundidades de 10 e 30 cm, correspondendo às camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, respectivamente. A partir dos valores do potencial matricial da água no

solo, obtidos com a leitura dos tensiômetros, determinou-se a umidade volumétrica, empregando-se a equação de van Genuchten (1980).

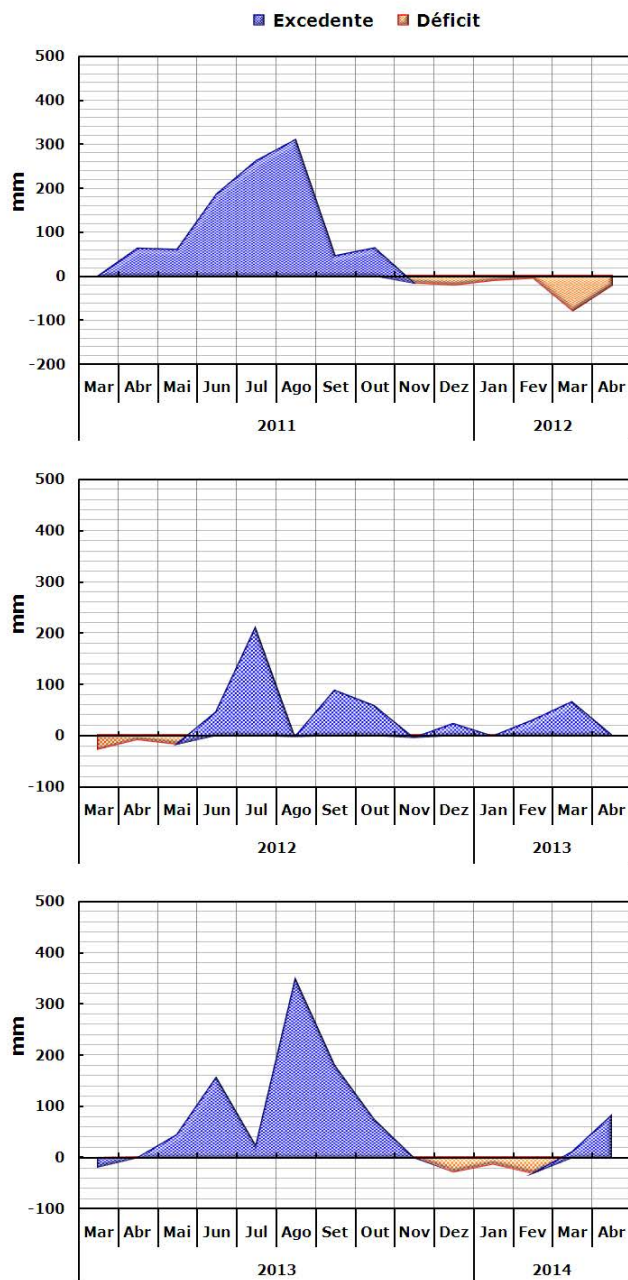
A definição de necessidade de irrigação nas áreas de pomar irrigado foi estabelecida quando os níveis médios da tensão de água no solo, na camada 20 a 30 cm, atingiram valores superiores a 10 kPa, valor referente à capacidade de campo do solo.

Os tratamentos utilizados foram: a) Adubação convencional, b) Adubação convencional + Irrigação, c) Fertirrigação + Irrigação e d) Fertirrigação. As quantidades de nutrientes aplicadas foram de 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 20 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Nos tratamentos com adubação convencional, a aplicação dos fertilizantes na forma sólida ocorreu de uma só vez, no período pós-floração, enquanto que nos tratamentos com fertirrigação, a adubação líquida foi realizada via fertirrigação, parceladas semanalmente durante o período de crescimento vegetativo das plantas, utilizando as mesmas quantidades de nutrientes dos demais tratamentos. Foram avaliados o rendimento de frutos nas categorias > 70 mm, 65 a 70 mm, 55 a 65 mm e < 55 mm e a produção total por área (kg.ha<sup>-1</sup>) e características pós-colheita de frutos (firmeza da polpa (expressa em libras – lb), teor de sólidos solúveis totais (expresso em °Brix) e a cor da epiderme da maçã (expressa em coordenadas cromáticas de croma “a”). Para a análise da viabilidade econômica da irrigação foram utilizados os resultados de produtividade obtidos nos experimentos, bem como valores de variáveis relacionadas a preço médio da fruta por categoria e custos de implantação e manutenção de um pomar comercial de macieira (AGRIANUAL, 2013).

## Balanço Hídrico Climatológico

Os extratos dos balanços hídricos climatológicos estimados pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para as safras 2011/12 a 2013/14, na região de Vacaria/RS, são apresentados na Figura 1.

Na safra 2011/12, o balanço hídrico mostrou que ocorreu excedente hídrico durante cinco meses da safra (julho a outubro), cujo excedente



**Fig. 1.** Extratos dos balanços hídricos climatológicos estimados pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) das safras 2011/12 a 2013/14, na região de Vacaria/RS.



hídrico anual totalizou 767,1 mm. A deficiência hídrica ocorreu durante sete meses, iniciando no período de novembro de 2011 e prolongando-se até o mês de maio de 2012, onde o déficit totalizou 200,0 mm, apesar de que nos meses de janeiro e fevereiro praticamente não houve deficiência hídrica. Notam-se, nesta safra, claramente dois períodos distintos: um período chuvoso, que ocorreu nos meses de junho a outubro de 2011, e um período o seco (com deficiência hídrica), de novembro de 2011 a maio de 2012.

O balanço hídrico da safra 2012/13, mostrou que durante toda a safra ocorreram três períodos de pequena deficiência hídrica, em agosto e novembro de 2012 e em janeiro de 2013, totalizando somente 10,2 mm. No restante da safra ocorreu excedente hídrico, cujo acúmulo hídrico anual totalizou 602,5 mm. Destaca-se a condição de que, mesmo praticamente não sendo verificado déficit hídrico na safra, o acúmulo hídrico anual foi inferior ao da safra 2011/12, que apresentou deficiência hídrica durante sete meses.

Na safra 2013/14, o balanço hídrico mostrou que durante seis meses da safra ocorreu excedente hídrico (maio a outubro de 2013), cujo excedente hídrico anual totalizou 827,7 mm. A deficiência hídrica ocorreu no período de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014, onde o déficit totalizou 79,9 mm. Notam-se novamente nesta safra, claramente dois períodos distintos, similares aos ocorridos na safra 2011/12: um período chuvoso, que ocorreu nos meses de maio a outubro de 2013, e um período o seco (com deficiência hídrica), de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014.

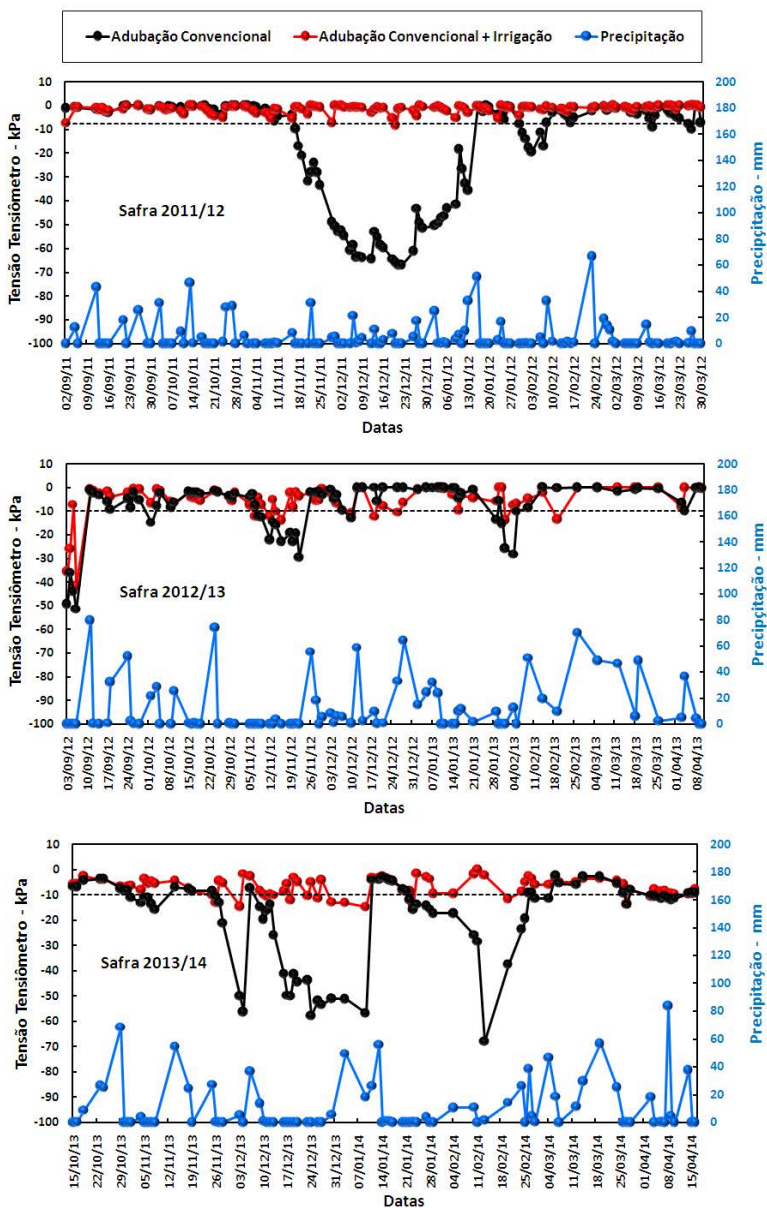
Importante ressaltar que logo após um período de ausência de chuvas, as primeiras precipitações servem para repor a água retirada do solo e somente após atingir a capacidade máxima de retenção de água no solo é que começaram a ocorrer os excedentes hídricos. Da mesma forma, logo após o término de um período de chuvas, a água armazenada no solo é utilizada por um determinado período, de modo que somente ocorrerão deficiências hídricas após uma redução da água do solo. Desta forma, as deficiências hídricas verificadas nas safras 2011/12 e 2013/14 podem ter contribuído negativamente para a produtividade e qualidade do sistema produtivo da macieira em Vacaria/RS.

## **Monitoramento Hídrico do Solo**

Na Figura 2 são apresentados os resultados do monitoramento da tensão de água no solo em pomar de macieira, em função da irrigação, comparados aos do cultivo convencional, para a camada de 20 a 40 cm de profundidade, uma vez que é a camada mais representativa dos efeitos de tratamentos, por apresentar menor variabilidade de valores de tensão de água no solo, bem como por representar a região de maior acúmulo do sistema radicular. Nestes mesmos gráficos são representadas as ocorrências de precipitação pluviométrica nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, para a região de Vacaria/RS.

O comportamento da tensão de água no solo foi bem distinto entre as safras avaliadas. Na safra 2011/12 houve déficit hídrico na fase vegetativa da macieira, demonstrado pela avaliação dos tensiômetros localizados no sistema convencional (sem aplicação de água de irrigação), caracterizado por um longo período de baixa disponibilidade de água do solo, o qual iniciou a partir do início de novembro de 2011 e prolongou-se até o final de dezembro de 2011, cujas leituras mostraram tensões de água no solo que ultrapassaram o valor de 50 kPa. Outros períodos de déficit hídrico ocorreram a partir de março de 2012. Já nos tratamentos com irrigação, as tensões médias avaliadas se mantiveram nos índices pré-estabelecidos como adequados para a cultura, uma vez que os tensiômetros a 30 cm de profundidade apresentaram valores de tensões de água no solo inferiores ou próximos a 10 kPa, através da aplicação de água pelo sistema de irrigação, mostrando a eficácia e a aplicabilidade do controle hídrico na cultura da macieira.

Na safra 2012/13 houve apenas três períodos curtos de déficit hídrico durante a fase vegetativa da macieira, quando foi necessária a irrigação, sendo dois no mês de dezembro de 2012 e um no mês de janeiro de 2013. Nestes períodos, as leituras dos tensiômetros mostraram tensões de água no solo superiores a 10 kPa, indicando necessidade da aplicação de água. Nos tratamentos de irrigação as tensões médias de água no solo avaliadas se mantiveram nos índices pré-estabelecidos como adequados para a cultura.



**Fig. 2.** Distribuição sazonal da tensão de água no solo, na profundidade de 20 a 40 cm, em cultivo de macieira irrigada e convencional e da precipitação pluviométrica nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14. Vacaria/RS.

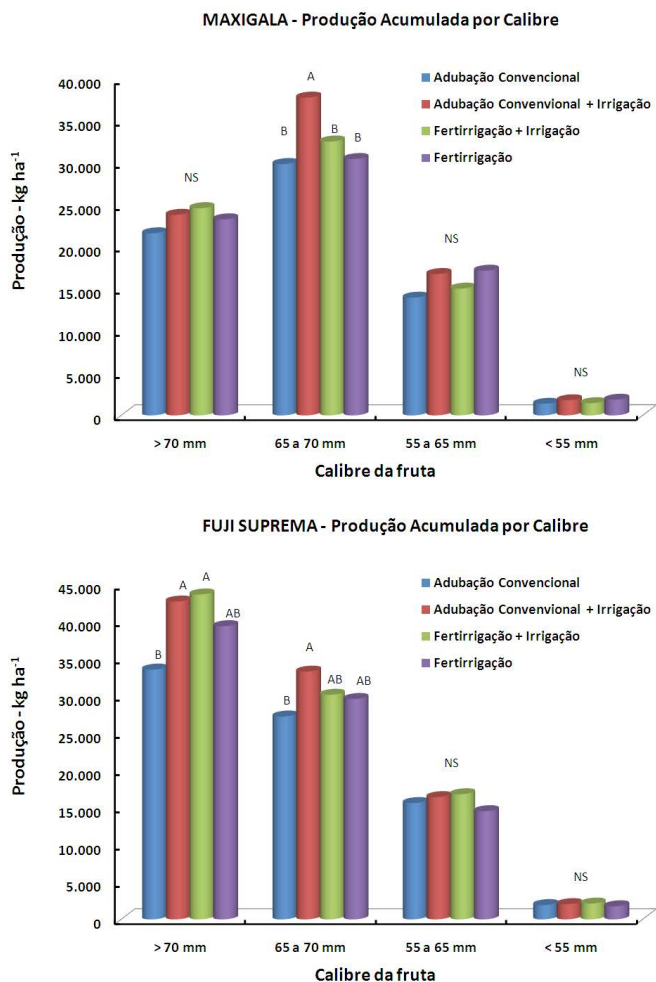
Na safra 2013/14 houveram períodos de déficit hídrico significativos em três momentos da fase vegetativa da macieira, verificado pela avaliação dos tensiômetros localizados no sistema convencional (sem aplicação de água de irrigação), o primeiro no início do mês de dezembro de 2013, o segundo mais prolongado de meados de dezembro de 2013 até meados de janeiro de 2014 e o terceiro em meados de fevereiro de 2014, cujas leituras dos tensiômetros mostraram tensões de água no solo que ultrapassaram a 50 kPa, indicando a necessidade da aplicação de água.

Para as três safras avaliadas, verificou-se a ocorrência de déficit hídrico no solo em pelo menos duas safras (2011/12 e 2013/2014), durante, pelo menos parte, da fase vegetativa da cultura da macieira. Esta condição, para cultivos de macieira em sistema convencional (sem irrigação), pode afetar a produtividade e a qualidade de produção. Por outro lado, estes resultados mostram a eficiência do monitoramento da tensão da água no solo (através da tensiometria), visando uma correta aplicação de irrigação, já que é possível manter os índices de umidade do solo adequados para a cultura através da irrigação, evitando-se efeitos negativos na planta e na produtividade e qualidade dos frutos.

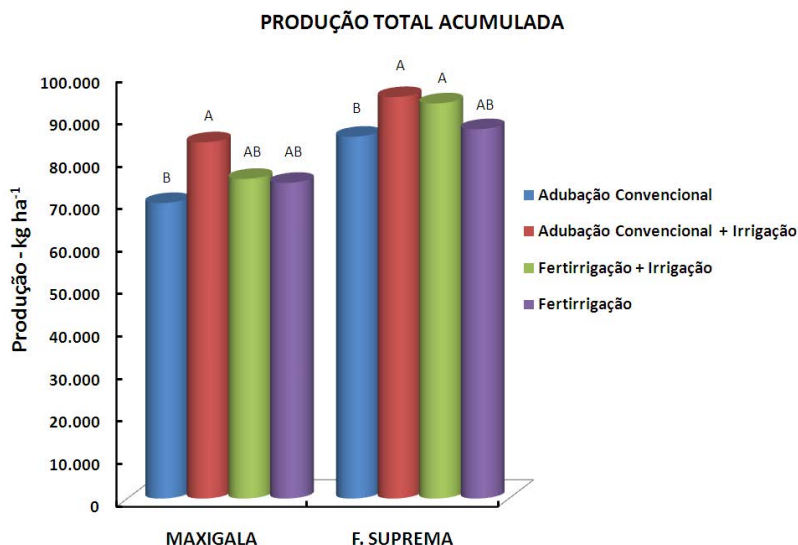
## **Produtividade e Qualidade de Frutos**

Para a região de Vacaria/RS, os efeitos da irrigação e fertirrigação na produtividade acumulada de frutos de macieira (três safras: 2011/12, 2012/13 e 2013/14) foram distintos entre as cvs. Maxigala e Fuji Suprema (Figuras 3 e 4). Quanto ao rendimento de frutos, na cv. Maxigala, somente na produção da classe 65 a 70 mm houve efeito de tratamentos, onde o tratamento Adubação Convencional + Irrigação apresentou produtividade superior aos demais tratamentos, com aumento de produtividade de aproximadamente 8 toneladas em três safras. Para a produção total, o tratamento Adubação Convencional + Irrigação apresentou produtividade superior ao tratamento Adubação Convencional, com aumento de produtividade de aproximadamente 14 toneladas em três safras, o que representa 20% de aumento de produtividade, em função dos efeitos da irrigação.

Para a cv. Fuji Suprema, houve efeito de tratamentos para as classes de maior calibre de frutos. Na classe  $> 70$  mm, os tratamentos Adubação Convencional + Irrigação e Fertirrigação + Irrigação apresentaram produtividade superior ao tratamento Adubação Convencional, com aumentos de produtividade de aproximadamente 10 toneladas no período avaliado. Na classe 65 a 70 mm, o tratamento Adubação Convencional



**Fig. 3.** Produção acumulada de frutos (safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14), por classe de tamanho, para as cultivares de macieira Maxigala e Fuji Suprema, em função dos tratamentos de irrigação e fertirrigação. Vacaria/RS.



**Fig. 4.** Produção total acumulada de frutos (safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14), para as cultivares de macieira Maxigala e Fuji Suprema, em função dos tratamentos de irrigação e fertirrigação. Vacaria/RS.

+ Irrigação apresentou produtividade superior ao tratamento Adubação Convencional, com aumento de produtividade de aproximadamente 6 toneladas em três safras. Para a produção total, os tratamentos Adubação Convencional + Irrigação e Fertirrigação + Irrigação apresentaram produtividade superior ao tratamento Adubação Convencional, com aumento de produtividade de aproximadamente 9 toneladas no período avaliado, o que representa 11 % de aumento de produtividade, em função dos efeitos da irrigação.

Os períodos de déficit hídrico no solo na região de Vacaria/RS, identificados durante a fase vegetativa da macieira nas safras 2011/12 e 2013/14, afetaram a produtividade, de modo que o suprimento de água via irrigação aumentou o calibre da fruta e a produtividade nestas safras. Efeitos da irrigação no aumento do tamanho dos frutos também foram verificados por Fallari et al. (2008) com a cv. Autumn Rose Fuji nos USA, por Neilsen et al. (2010) com a cv. Ambrosia no Canadá, bem como por Campi e García (2011) com a cv. Gala no sul do Uruguai.

Quanto à qualidade da fruta, na safra 2011/12 (Tabela 1), tanto na cv. Maxigala quanto na cv. Fuji Suprema, a coloração vermelha da epiderme aumentou significativamente com a irrigação e fertirrigação, enquanto que os teores de sólidos solúveis totais (SST) não foram afetados pelos tratamentos aplicados. Já na safra 2012/13, somente houve efeito de tratamentos na cv. Maxigala, onde o tratamento Adubação Convencional + Irrigação apresentou coloração vermelha da epiderme superior aos demais tratamentos, enquanto que os teores de sólidos solúveis totais (SST) do tratamento Adubação Convencional + Irrigação foram inferiores aos do tratamento Adubação Convencional. Para a cv. Fuji Suprema não houve efeito de tratamentos. Ao contrário de alguns estudos (FALLARI et al., 2008; NEILSEN et al., 2010), não houve efeito significativo de tratamentos na firmeza da polpa da fruta, para as duas cultivares avaliadas, nas safras 2011/12 e 2012/13.

Os períodos de déficit hídrico no solo na região de Vacaria/RS, identificados durante a fase vegetativa da macieira na safra 2011/12, afetaram a qualidade dos frutos, de modo que o suprimento de água via irrigação aumentou a coloração vermelha da epiderme da fruta, principalmente da cv. Maxigala. Efeitos da irrigação no aumento da coloração vermelha da película dos frutos também foram verificados por Wan Zaliha e Singh (2010), com a cv. Cripps Pink na Austrália e Iglesias et al. (2002) com a cv. Troped Delicious na Espanha.

Destaca-se que, mesmo não ocorrendo déficit hídrico no solo na safra 2012/13, verificou-se efeito significativo de tratamentos na coloração vermelha da epiderme e teor de sólidos solúveis da fruta na cv. Maxigala, onde o tratamento Adubação Convencional + Irrigação proporcionou a produção de frutos com maior coloração vermelha da película e com menores teores de sólidos solúveis do que o tratamento Adubação Convencional. Esta condição, provavelmente esteja relacionada ao menor estresse sofrido pelas plantas na safra anterior, em comparação com as plantas do tratamento testemunha (sem irrigação).

Os resultados obtidos tornam evidentes os resultados positivos da irrigação no cultivo de macieiras na região de Vacaria/RS. Entretanto,

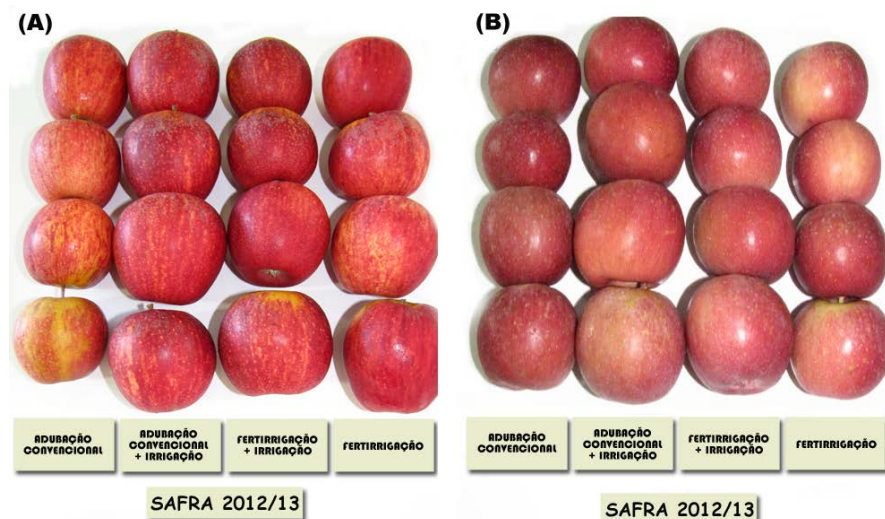
a fertirrigação, como técnica de manejo para fornecer os nutrientes via sistema de irrigação, ainda não está ajustada adequadamente para promover os mesmos resultados da adubação convencional (via solo) aliada à irrigação. Provavelmente, sejam necessários ajustes nas doses e épocas de aplicação dos fertilizantes via fertirrigação para obter a máxima eficiência deste sistema.

**Tabela 1.** Cor vermelha da epiderme das maçãs (valor “a”), teores de sólidos solúveis totais (SST) e firmeza da polpa dos frutos nas safras 2011/12 e 2012/13, para as cultivares de macieira Maxigala e Fuji Suprema, em função dos tratamentos de irrigação e fertirrigação. Vacaria/RS.

Tratamentos	Cor vermelha (“a”)		SST (°Brix)		Firmeza (Lb)	
	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13
<b>Maxi Gala</b>						
<b>Adubação Convencional</b>	25,6 b	31,5 c	12,9 ns	14,5 a	21,3 ns	13,6 ns
<b>Adubação Convencional + Irrigação</b>	32,5 a	34,8 a	11,8	13,8 b	21,7	13,0
<b>Fertirrigação + Irrigação</b>	30,5 a	32,0 bc	12,9	14,3 ab	21,5	13,1
<b>Fertirrigação</b>	32,4 a	33,6 ab	12,2	14,1 ab	22,0	13,3
<b>CV %</b>	8,2	4,0	6,7	2,6	5,1	4,2
<b>Fuji Suprema</b>						
<b>Adubação Convencional</b>	22,7 b	16,8 ns	12,5 ns	13,5 ns	18,0 ns	17,9 ns
<b>Adubação Convencional + Irrigação</b>	27,6 a	19,2	12,2	13,8	18,3	18,1
<b>Fertirrigação + Irrigação</b>	28,9 a	16,8	12,1	13,3	18,3	18,2
<b>Fertirrigação</b>	26,2 a	20,1	11,9	13,8	18,5	19,2
<b>CV %</b>	6,9	13,4	4,4	3,3	4,5	6,2

\*Médias seguidas de mesma letra, na coluna e para cada cultivar, não diferem entre pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo.





**Fig. 5.** Amostras de frutos de macieira cv. Maxigala (A) e Fuji Suprema (B), retratando o efeito dos tratamentos de irrigação e fertirrigação na safra 2012/13. (Tratamentos descritos da esquerda para a direita: adubação convencional; adubação convencional + irrigação; fertirrigação + irrigação; fertirrigação). Vacaria/RS.

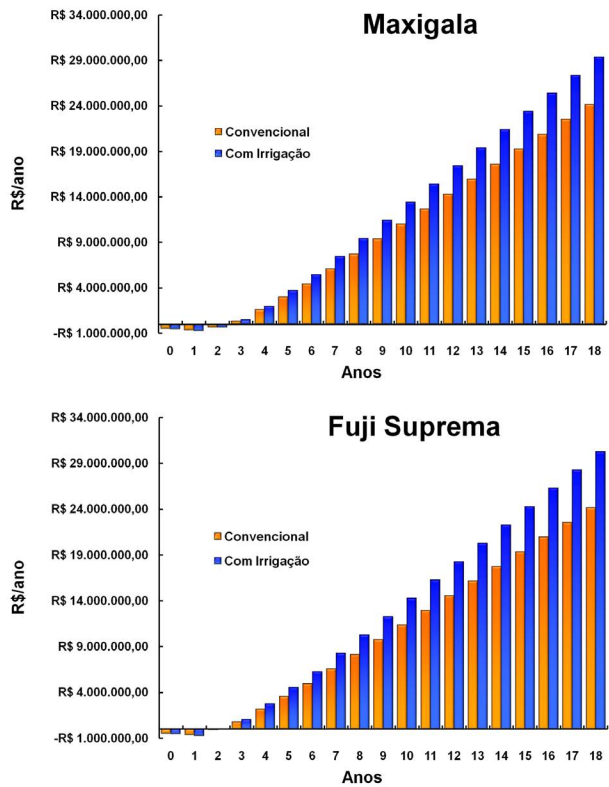
## Viabilidade Econômica da Irrigação

A análise da viabilidade econômica da irrigação na cultura da macieira para a região de Vacaria/RS foi realizada para cada cultivar estudada (Figura 6), considerando-se a produtividade obtida nas três safras em cada categoria de fruto em função da irrigação, em comparação com o cultivo convencional (sem irrigação). Para calcular o retorno financeiro, utilizou-se como cenário, um período de cultivo de 18 anos, uma área mínima de pomar de 15 hectares e projeção de produtividade máxima, para as duas cultivares, estimada em  $45 \text{ t.ha}^{-1}$ , a ser obtida a partir do sexto ano após o plantio, bem como a ocorrência de condições climáticas similares ao período avaliado.

Para a cv. Maxigala, verifica-se que a receita acumulada passa a ser positiva a partir do terceiro ano após o plantio, com ganho em função da irrigação neste ano de aproximadamente R\$ 138.000,00, chegando ao final de 18 anos de cultivo com um ganho de receita acumulada de

aproximadamente R\$ 5.200.000,00. Já para a cv. Fuji Suprema, a receita acumulada passa a ser positiva a partir do terceiro ano após o plantio, com ganho em função da irrigação neste ano de, aproximadamente, R\$ 270.000,00, chegando ao final de 18 anos de cultivo com um ganho de receita acumulada de aproximadamente R\$ 6.100.000,00.

Para o cenário proposto e considerando os incrementos de produtividade obtidos em função da irrigação, em comparação com o sistema convencional (sem irrigação), os investimentos necessários para o sistema de irrigação são restituídos no segundo e terceiro ano após o plantio, para as cvs. Fuji Suprema e Maxigala, respectivamente.



**Fig. 6.** Receita acumulada (em R\$/ano) em 18 anos de produção, considerando-se um pomar de 15 ha, com as cvs. Maxigala e Fuji Suprema sobre o portaenxerto M9, para os sistemas de cultivo convencional (sem irrigação) e com irrigação. Vacaria/RS.

## Considerações Finais

O déficit hídrico no solo, na região de Vacaria/RS, quando caracterizado, ocorre de forma concentrada nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e o monitoramento da tensão da água no solo, através da tensiometria, foi eficiente para manter os índices de umidade do solo adequados para a cultura, via irrigação.

A irrigação aumentou a produção de frutos de maior calibre, a produção total e a coloração vermelha da epiderme de frutos de macieiras cvs. Maxigala e Fuji Suprema, nas safras em que ocorreu déficit hídrico nos solos da região de Vacaria/RS.

A fertirrigação, como técnica de manejo para fornecer os nutrientes via sistema de irrigação, ainda não está ajustada adequadamente para promover os mesmos resultados da adubação convencional (via solo), sendo necessários ajustes nas doses e épocas de aplicação dos fertilizantes via fertirrigação.

A análise da viabilidade econômica da irrigação mostrou que, considerando os incrementos de produtividade obtidos em função da irrigação, em comparação com o sistema convencional (sem irrigação), os investimentos necessários para o sistema de irrigação podem ser restituídos no segundo e terceiro ano após o plantio, para as cvs. Fuji Suprema e Maxigala, respectivamente.



# Referências

AGRIANUAL 2013: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2013. 458p.

BEUKES, D. J.; WEBER, H. W. The effects of irrigation at different soil water levels on the water use characteristics of Apple trees. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 57, n. 4, p. 383-391, 1982.

BRANCO, M. S. C.; NAVA, G.; ERNANI, P. R.; NACHTIGALL, G. R. Efeito da irrigação e fertirrigação na composição mineral de folhas de macieira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: SBCS, 2013. 1 CD-ROM.

CAMPI, P.; GARCÍA, C. Effects of irrigation management and nitrogen fertilization on the yield and quality of 'Gala' apple. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 889, p. 249-255, 2011.

FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; SHAFII, B. Effects of irrigation systems and rootstocks on water use, tree growth, fruit quality, and mineral nutrients in apples during the third and fourth year after planting. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 772, p. 33-39, 2008.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.). **Maçã**: produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.17-24.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema de recuperação de automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabl>>. Acesso em: 10 maio 2013.

IGLESIAS, I.; SALVIA, J.; TORQUET, L.; CABÚS, C. Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to improve fruit colour and quality of ‘Topred Delicious’ apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 39-51, 2002.

LI, F.; COHEN, S.; NAOR, A.; SHAOZONG, K.; EREZ, A. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 55, n. 1, p. 1-14, 2002.

MENDONÇA, P. V. E. Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. In: CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS, 24., 1958, Madrid. **Acta...** Madrid: [s.n.], 1958. p. 415-425.

MPELASOKA, B. S.; BEHBOUDIAN, M. H.; MILLS, T. M. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of ‘Braeburn’ apple. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 90, p. 279-290, 2001.

NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; NAVA, G. Efeito da irrigação e fertilização na produtividade e qualidade de macieiras Royal Gala. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS – FERTBIO2012, 30., 2012, Maceió, AL. **Anais...** Maceió: SBCS, 2012. 1 CD-ROM.

NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C.; HOFFMANN, A. Macieira. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 449-464.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H.; HERBERT, L.; GUAK, S. Effect of irrigation and crop load management on fruit nutrition and quality for Ambrosia/M.9 apple. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 868, p. 63-72, 2010.

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 671-679, 2009.

RUFAT, J.; MATA, M.; ARBONÉS, A.; DEL CAMPO, J.; GELLY, M.; MARSAL, J.; GIRONA, J. Fruit development, yield and quality in response to irrigation and nitrogen application on Golden Delicious apples. **Bulletin OILB/SROP**, Lleida, v. 24, n. 5, p. 359-365, 2001.

THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

Van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

WAN ZALIHA, W. S.; SINGH, Z. Fruit quality and postharvest performance of 'Cripps Pink' apple in relation to withholding irrigation. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 877, p. 147-154, 2010.

WOJCIK, P.; TREDER, W. Effect of drip boron fertigation on yield and fruit quality in a high-density apple orchard. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 29, p. 2199-2213, 2006.





# Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Apoio a Pesquisa (CAPES), pelo apoio financeiro aos projetos de pesquisa.

Aos bolsistas CNPq, Alexandre Mesquita Furtado e Murilo Saraiva Damiani, bem como aos funcionários da Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado da Embrapa Uva e Vinho, pelo apoio na coleta de dados e condução e avaliação dos experimentos de campo.

As empresas AGRIMAR Caxias do Sul e a NETAFIM Brasil, pelo apoio financeiro na instalação dos experimentos de monitoramento hídrico e irrigação na cultura da macieira.





## Apoio



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

